昆虫学报 *Acta Entomologica Sinica*，February 2007，50(2)：186 – 190 ISSN 0454-6296

脱氧鬼臼毒素对粘虫几种代谢酶系的影响

马志卿[1]，**李广泽**[1]，**冯俊涛**[2,*]，**张　兴**[1,2]

（1.西北农林科技大学无公害农药研究服务中心，陕西杨凌 712100；2.陕西省生物农药工程技术研究中心，陕西杨凌 712100）

摘要：脱氧鬼臼毒素是砂地柏 *Sabina vulgaris* Ant.中的主要杀虫活性成分之一。为探讨其作用机理，以叶碟饲喂法处理粘虫 *Mythimna separata* Walker 4 龄幼虫，测定了饲喂处理 12 h、24 h、36 h、48 h 和 72 h 后试虫的羧酸酯酶（CarE）、酸性磷酸酯酶（ACP）、碱性磷酸酯酶（AKP）、谷胱甘肽 S-转移酶（GSTs）和多功能氧化酶（MFO）的活性。结果表明：脱氧鬼臼毒素对粘虫羧酸酯酶的活性无明显影响；对酸性磷酸酯酶具有明显的抑制作用，且随着处理时间的延长，抑制作用增强；对碱性磷酸酯酶的影响较为复杂，表现为先抑制，后有所恢复，再被抑制的变化过程；对谷胱甘肽 S-转移酶处理 12 h 后活性变化不明显，24 h 后被抑制，36 h 后逐渐激活，与对照差异极显著；对细胞色素 P450 酶系的 O-脱甲基酶活性具有明显的抑制作用。

关键词：粘虫；砂地柏；脱氧鬼臼毒素；代谢酶；抑制作用

中图分类号：Q965.9　**文献标识码**：A　**文章编号**：0454-6296(2007)02-0186-05

Effects of deoxypodophyllotoxin on metabolizing enzymes in *Mythimna separata* Walker

MA Zhi-Qing[1]，LI Guang-Ze[1]，FENG Jun-Tao[2,*]，ZHANG Xing[1,2]（1. Biorational Pesticide Research and Development Center，Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry，Yangling，Shaanxi 712100，China；2. Shaanxi Research Center of Biopesticide Technology and Engineering，Yangling，Shaanxi 712100，China）

Abstract：Deoxypodophyllotoxin is the main insecticidal composition in *Sabina vulgaris* Ant.，an insecticidal plant. In order to study its insecticidal mechanism，the effect of deoxypodophyllotoxin on activities of carboxyl esterases（CarE），phosphatase，glutathione S-transferase（GSTs）and microsomal mixed function oxidase（MFO）in larvae of *Mythimna separata* Walker were assayed. The results showed that the activities of CarE in tested larvae had no distinct change；with extending of treatment time，the activities of acid phosphatase（ACP）in tested larvae were gradually inhibited by deoxypodophyllotoxin；the change of alkaline phosphatase（AKP）activity was very complex；the activity of GSTs had no distinct change in 12 h，was inhibited in 24 h，but was activated in 36 h；the O-demethylase activity of cytochrome P450 was inhibited by deoxypodophyllotoxin.

Key words：*Mythimna separata*；*Sabina vulgaris*；deoxypodophyllotoxin；metabolizing enzymes；inhibition

脱氧鬼臼毒素为木脂素类化合物，主要存在于小蘖科多年生草本类鬼臼亚科八角莲属、桃儿七属、山荷叶属及足叶草属植物中。西北农林科技大学无公害农药研究服务中心从柏科植物砂地柏 *Sabina vulgaris* Ant.中分离得到了该化合物（余向阳和张兴，1999），并对其杀虫活性进行了较为系统的研究（张兴等，2002）。测试表明，该化合物对菜青虫 *Pieris rapae*、小菜蛾 *Plutella xylostella* 及粘虫 *Mythimna separata* 均具有较强的胃毒、拒食作用及生长发育抑制作用（林进，2004）；对粘虫的消化酶具有明显的影响，对保护酶系（SOD、CAT 和 POD）也具有明显抑制作用；还可造成菜青虫的中肠组织结构发生病变（另文发表）。可见该化合物对昆虫的生理生化影响比较复杂，然而其作用机理和作用靶标尚不清楚，其在昆虫体内的代谢也不清楚。为进一步探讨脱氧鬼臼毒素对粘虫生理生化的影响，为阐述其

基金项目：国家"十五"科技攻关项目（2004BA516A04）；国家自然科学基金项目（30471156）

作者简介：马志卿，男，1975 年生，博士，副教授，主要从事农药毒理学和生物农药研究，E-mail：mazhiqing2000@126.com

[*] 通讯作者 Author for correspondence，E-mail：JTFeng@126.com

收稿日期 Received：2006-05-17；接受日期 Accepted：2006-08-17

作用机理及实际应用提供依据，本研究测定了脱氧鬼臼毒素对粘虫几种代谢酶系的影响。

1 材料与方法

1.1 试虫

粘虫由西北农林科技大学无公害农药研究服务中心养虫室提供，选择个体大小发育一致、健康、活泼的 4 龄幼虫供试。

1.2 主要仪器及试剂

主要仪器：UV120-02 型分光光度仪（日本，岛津），GL-16G-Ⅱ型高速冷冻离心机（上海安亭科学仪器厂），2002 型水浴恒温振荡器（常州国华电器有限公司）。

主要试剂：脱氧鬼臼毒素（> 96%，西北农林科技大学无公害农药研究服务中心提供）；谷胱甘肽（GSH，还原型）、牛血清白蛋白、考马斯亮蓝 G250、1-氯-2，4-二硝基苯（CDNB）、辅酶Ⅱ（NADPH）、对硝基苯甲醚（PNA）等生化试剂均为 Sigma 公司产品；α-乙酸萘酯（α-NA）、毒扁豆碱、α-萘酚、对-硝基酚、对硝基苯磷酸二钠等均由国内有关厂家生产或从国内代理公司购买，均为分析纯产品。

1.3 方法

1.3.1 试虫处理方法：取粘虫 4 龄初期幼虫若干头，饥饿 8 h 后，分对照和处理两组，均单头单皿饲养。处理组中每头试虫以沾有 6.584 μg 脱氧鬼臼毒素的小麦叶碟饲喂，对照组饲喂带等量丙酮的叶碟。10 h 内取食完毕的试虫可以参试。分别取饲喂取食后 12 h、24 h、36 h、48 h、72 h 的试虫及相应的对照试虫各 20 头待试。

1.3.2 羧酸酯酶（CarE）活性测定：将处理好的试虫整体置于预冷的玻璃匀浆器中，按 5 头/mL 加入 0.04 mol/L pH 7.0 的磷酸缓冲液，在冰浴中匀浆，所得匀浆液以 4 000 × g 冷冻离心 15 min。其上清液即为待测酶液。酶活性测定参考 van Asperen（1962）的方法进行。蛋白含量测定采用考马斯亮蓝 G250 法（Bradford，1976）。每处理重复 3 次。

1.3.3 磷酸酯酶活性测定：分别取试虫 20 头，4℃下以相应缓冲液（ACP，0.2 mol/L pH 4.6 醋酸缓冲液；AKP，0.04 mol/L pH 9.6 巴比妥钠盐酸缓冲液）冰浴匀浆，定容至 4 mL，4 000 × g 冷冻离心 15 min，上清液即为酶源。酶活性测定方法参照 Bessey（1964）的方法进行。蛋白含量测定采用考马斯亮蓝 G250 法（Bradford，1976）。每处理重复 5 次。

1.3.4 谷胱甘肽 S-转移酶（GSTs）活性测定：于 0 ~ 4℃下，在冰盘上解剖出试虫中肠（拉掉围食膜）供试，将供试的中肠组织于预冷的玻璃匀浆器中按 5 头/mL 加入 Tris-HCl 缓冲液（0.1 mol/L pH 8.9，含 10 mmol/L 还原型谷胱甘肽），在冰浴中匀浆。所得匀浆液于 10 000 × g 冷冻离心 15 min，其上清液即为待测酶液。酶活力测定参照 Brooth 等（1973）的方法进行。以每毫克蛋白每分钟 D 值的变化量作为酶活性单位（$\triangle D \cdot min^{-1} \cdot mg^{-1}$）；蛋白含量测定采用考马斯亮蓝 G250 法（Bradford，1976）。每处理重复 5 次。

1.3.5 细胞色素 P450 O-脱甲基酶活性测定：于 0 ~ 4℃下，在冰盘上解剖出试虫中肠（拉掉围食膜）供试，将供试的中肠组织于预冷的玻璃匀浆器中按 5 头/mL 加入 0.1 mol/L pH 7.2 PBS 缓冲液，在冰浴中匀浆。所得匀浆液于 10 000 × g 冷冻离心 15 min，上清液作为酶源。酶活性测定方法参照 Hansen 和 Hodgson（1971）以及吴承春和王沫（2003）的方法进行。以每毫克蛋白每分钟催化生成的对硝基苯酚的量表示酶比活力（$\mu mol \cdot mg^{-1} \cdot 30min^{-1}$）。蛋白含量测定采用考马斯亮蓝 G250 法（Bradford，1976）。每处理重复 4 次。

2 结果与分析

2.1 脱氧鬼臼毒素对粘虫羧酸酯酶活性的影响

采用饲喂法，以定量的脱氧鬼臼毒素处理粘虫 4 龄幼虫，测定不同处理时间后羧酸酯酶的活性，结果见表 1。由表 1 可看出，以脱氧鬼臼毒素处理后，粘虫体内羧酸酯酶的活力与同期对照相比有所升高，但差异不显著。可见脱氧鬼臼毒素对粘虫羧酸酯酶的影响不大。

2.2 脱氧鬼臼毒素对粘虫磷酸酯酶活性的影响

以脱氧鬼臼毒素处理粘虫 4 龄幼虫后，测定了不同处理时间后酸性磷酸酯酶（ACP）和碱性磷酸酯酶（AKP）的活力。结果（表 2）表明，脱氧鬼臼毒素对 ACP 有明显的抑制作用，处理 12 h、24 h、36 h 和 48 h 后，酶比活力分别为同期对照的 89%、53%、43%和 23%，说明随着处理时间的延长，对酶的抑制作用逐渐增强，各处理期内酶比活力与同期对照差异极显著。相比而言，脱氧鬼臼毒素对 AKP 的影响较复杂，处理 12 h、24 h、36 h、48 h 和 72 h 后，酶比活力分别为同期对照的 0.65、0.60、0.92、1.14 和 0.76 倍，表现出先被抑制，后逐渐激活，72 h 后又被抑制的趋势。经 t 检验，处理 36 h 后的对照组与处理组的

AKP 酶活力无差异，其余各期均存在显著差异。

表 1 脱氧鬼臼毒素对粘虫 4 龄幼虫羧酸酯酶活性的影响

Table 1 Effects of deoxypodophyllotoxin on carboxyl esterases activity in the 4th instar larvae of *Mythimna separata*

处理 Treatment	处理时间 Treatment time (h)	酶比活力 Specific activity (μmol·mg^{-1}·30min^{-1})	比值 Ratio
脱氧鬼臼毒素 Deoxypodophyllotoxin	12	0.2536 ± 0.0174	1.09
对照 CK		0.2333 ± 0.0124	–
脱氧鬼臼毒素 Deoxypodophyllotoxin	24	0.2550 ± 0.0160	1.10
对照 CK		0.2312 ± 0.0162	–
脱氧鬼臼毒素 Deoxypodophyllotoxin	36	0.2363 ± 0.0122	1.01
对照 CK		0.2331 ± 0.0081	–
脱氧鬼臼毒素 Deoxypodophyllotoxin	48	0.2370 ± 0.0178	1.04
对照 CK		0.2277 ± 0.0124	–
脱氧鬼臼毒素 Deoxypodophyllotoxin	72	0.2345 ± 0.0197	1.02
对照 CK		0.2298 ± 0.0085	–

注 Notes：表中数据为平均值 ± 标准误（$n = 3$），各处理与相应对照的酶比活力经 t 检验无显著差异；比值 = 处理酶比活力/相应对照酶比活力；下同。Data are given as mean ± *SE* for 3 repeats; specific activities of controls and treatment are not significantly different by t-test, respectively. Ratio = Treatment/CK. The same below.

表 2 脱氧鬼臼毒素对粘虫 4 龄幼虫酸性磷酸酯酶（ACP）和碱性磷酸酯酶（AKP）活性的影响

Table 2 Effect of deoxypodophyllotoxin on ACP and AKP activity in the 4th instar larvae of *Mythimna separata*

处理 Treatment	处理时间 Treatment time (h)	酸性磷酸酯酶 ACP		碱性磷酸酯酶 AKP	
		酶比活力 Specific activity (μmol·mg^{-1}·30min^{-1})	比值 Ratio	酶比活力 Specific activity (μmol·mg^{-1}·30min^{-1})	比值 Ratio
脱氧鬼臼毒素 Deoxypodophyllotoxin	12	0.0977 ± 0.0113	0.89	9.76 ± 0.04	0.65
对照 CK		0.1124 ± 0.0092	–	14.98 ± 1.02	–
脱氧鬼臼毒素 Deoxypodophyllotoxin	24	0.0851 ± 0.0067	0.53	16.23 ± 1.15	0.60
对照 CK		0.1610 ± 0.0151	–	27.05 ± 2.76	–
脱氧鬼臼毒素 Deoxypodophyllotoxin	36	0.1064 ± 0.0076	0.43	21.65 ± 1.44	0.92
对照 CK		0.2453 ± 0.0124	–	23.67 ± 1.36	–
脱氧鬼臼毒素 Deoxypodophyllotoxin	48	0.0468 ± 0.0031	0.23	24.41 ± 1.75	1.14
对照 CK		0.2009 ± 0.0128	–	21.43 ± 1.27	–
脱氧鬼臼毒素 Deoxypodophyllotoxin	72	–	–	14.95 ± 0.53	0.76
对照 CK		–	–	19.69 ± 0.18	–

注 Notes：表中数据为 5 次重复之平均值 Data are given as mean ± *SE* for 5 repeats.

2.3 脱氧鬼臼毒素对粘虫谷胱甘肽 S-转移酶活性的影响

以脱氧鬼臼毒素处理粘虫 4 龄幼虫后，测定了不同处理时间后谷胱甘肽 S-转移酶的活性，结果见表 3。由表 3 可看出脱氧鬼臼毒素对谷胱甘肽 S-转移酶具有明显的影响：处理 12 h 后酶活性几乎不受影响，24 h 后有所抑制，到 36 h 后，逐渐被激活，在处理各期酶比活力分别为同期对照的 1.08、0.81、1.33、1.77 和 3.69 倍，各时期酶比活力与相应对照的酶比活力均差异显著。

表 3 脱氧鬼臼毒素对粘虫谷胱甘肽 S-转移酶活性的影响

Table 3 Effect of deoxypodophyllotoxin on GSTs activity in the 4th instar larvae of *Mythimna separata*

处理 Treatment	处理时间 Treatment time (h)	酶比活力 Specific activity ($\triangle D$·mg^{-1}·min^{-1})	比值 Ratio
脱氧鬼臼毒素 Deoxypodophyllotoxin	12	2.2939 ± 0.0124	1.08
对照 CK		2.1274 ± 0.0158	–
脱氧鬼臼毒素 Deoxypodophyllotoxin	24	1.9152 ± 0.0086	0.81
对照 CK		2.3571 ± 0.1060	–
脱氧鬼臼毒素 Deoxypodophyllotoxin	36	2.6556 ± 0.1132	1.33
对照 CK		1.9921 ± 0.0354	–
脱氧鬼臼毒素 Deoxypodophyllotoxin	48	2.7678 ± 0.0783	1.77
对照 CK		1.5666 ± 0.0285	–
脱氧鬼臼毒素 Deoxypodophyllotoxin	72	3.6032 ± 0.1638	3.69
对照 CK		0.9753 ± 0.0194	–

注 Notes：表中数据为 5 次重复之平均值，经 t 检验，各处理与相应对照的酶比活力均显著差异。Data are given as mean ± *SE* for 5 repeats; specific activities of controls and treatment are significantly different by t-test, respectively.

2.4　脱氧鬼臼毒素对粘虫细胞色素 P450 O-脱甲基酶活性的影响

测定了脱氧鬼臼毒素对粘虫细胞色素 P450 酶系的影响。由表 4 可知，脱氧鬼臼毒素对粘虫细胞色素 P450 O-脱甲基酶活性有显著的抑制作用，12 h、24 h、36 h、48 h 和 72 h 的抑制率分别为 36.49%、51.96%、54.27%、29.42%和 44.98%。

表 4　脱氧鬼臼毒素对粘虫 4 龄幼虫细胞色素 P450 O-脱甲基酶活性的影响

Table 4　Effect of deoxypodophyllotoxin on O-demethylase activity of cytochrome P450 in the 4th instar larvae of *Mythimna separata*

处理 Treatment	处理时间 Treatment time (h)	酶比活力 Specific activity (μmol·mg^{-1}·30min^{-1})	抑制率(%) Inhibition rate
脱氧鬼臼毒素 Deoxypodophyllotoxin	12	2.66 ± 0.01	36.49
对照 CK		4.19 ± 0.07	–
脱氧鬼臼毒素 Deoxypodophyllotoxin	24	1.42 ± 0.06	51.96
对照 CK		2.96 ± 0.01	–
脱氧鬼臼毒素 Deoxypodophyllotoxin	36	0.90 ± 0.01	54.27
对照 CK		1.96 ± 0.06	–
脱氧鬼臼毒素 Deoxypodophyllotoxin	48	1.53 ± 0.16	29.42
对照 CK		2.17 ± 0.03	–
脱氧鬼臼毒素 deoxypodophyllotoxin	72	1.63 ± 0.06	44.98
对照 CK		2.97 ± 0.05	–

注 Notes：表中数据为 4 次重复之平均值；抑制率(%) = (对照酶比活力 – 处理酶比活力)/对照酶比活力 × 100。Data are given as mean ± *SE* for 4 repeats. Inhibition rate = (CK – Treatment)/CK × 100.

3　讨论

脱氧鬼臼毒素对粘虫的毒杀作用可能与其对代谢酶系的影响有关。脱氧鬼臼毒素对菜青虫、粘虫等害虫具有明显的拒食、胃毒及生长发育抑制作用，可致使粘虫生长发育各历期均延迟，化蛹率、羽化率、产卵量等均明显降低(林进，2004)。酯酶(包括磷酸酯酶、羧酸酯酶等)、谷胱甘肽 S-转移酶、细胞色素 P450 酶系均为昆虫体内重要的解毒代谢酶，参与各种外源毒物的代谢，如水解、氧化、还原、轭合等，以起到解毒作用。而且磷酸酯酶对生物体核苷酸、磷蛋白和磷脂的代谢均起着重要的作用。脱氧鬼臼毒素作为一种外源物，进入昆虫体内后，抑制了磷酸酯酶及细胞色素 P450 酶系的活性，导致昆虫对其难以代谢，同时也抑制了昆虫的正常代谢。因此，该化合物对代谢酶系的影响可能与其毒杀作用有关。另外，本研究结果表明，处理组试虫的 AKP 的活性先升高，至 48 h 后逐步降低，而对照组的酶活性在 24 h 后逐步降低，与对照相比，处理试虫的酶活力表现出先抑制，后逐步恢复、激活，再被抑制的变化过程，由于脱氧鬼臼毒素对粘虫的正常生长发育具有明显的抑制、延缓作用(林进，2004)，因此处理组 AKP 的变化不但与药剂处理有关，可能也与试虫自身的生长发育延缓有关，对此有必要进一步深入研究。

脱氧鬼臼毒素可明显影响昆虫的代谢酶系，因此该化合物在昆虫抗药性治理中具有潜在的重要意义。大量研究表明，酯酶、谷胱甘肽 S-转移酶、细胞色素 P450 酶系活性的变化是害虫产生抗药性的主要机理之一(邱星辉，2005)。本研究结果表明，脱氧鬼臼毒素可明显抑制粘虫幼虫的酸性磷酸酯酶、碱性磷酸酯酶及 P450 O-脱甲基酶的活性。因而该化合物作用于昆虫后，可影响昆虫的水解代谢及氧化代谢，可见该化合物作为单剂或混剂使用在治理抗性害虫上具潜在价值和应用前景。

与谷胱甘肽 S-转移酶抑制剂复配应可提高脱氧鬼臼毒素对粘虫的毒杀活性。谷胱甘肽 S-转移酶是昆虫对杀虫剂重要的代谢解毒酶之一，此外谷胱甘肽(GSH)作为生物体中许多酶反应的底物和辅酶，在细胞或器官中广泛存在，同时也是虫体内 GSTs 的辅助因子。昆虫体内 GSTs 能将多种有机磷杀虫剂的基团转移到内源性的 GSH 上形成共轭解毒物，它们一起参与杀虫剂的代谢解毒作用(Dauterman，1985)。另外，某些植物次生物质可抑制谷胱甘肽 S-转移酶的活性，如苦豆子生物碱(罗万春和张强，2003)，而某些植物次生物质可激活谷胱甘肽 S-转移酶的活性，如芸香甙等(董向丽等，1998)。这些活性的改变与植物次生物质对昆虫的毒杀作用或昆虫对植物的抗生性有关。本实验结果表明，脱氧鬼臼毒素可明显激活粘虫的谷胱甘肽 S-转移酶，特别是在 48 h 和 72 h，酶活力达到相应对照的 1.77 和 3.69 倍。说明脱氧鬼臼毒素进入粘虫体后，直接或经过初级代谢后与内源谷胱甘肽

（GSH）轭合，对脱氧鬼臼毒素的代谢具有重要的意义，同时也提示我们，在开发该类杀虫剂时，可通过与谷胱甘肽 S-转移酶抑制剂进行复配来提高药效。

参考文献（References）

Bessey OA，1964. A method for the rapid determination of alkaline phosphatase with five cubic millimeters of serum. *J. Biol. Chem.*，164：321－329.

Bradford MM，1976. A rapid sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein binding. *Anal. Biochem.*，72：248－254.

Brooth J，Conner MJ，Meteauf RA，Larsen JR，1973. A comparative study of the effect of selective inhibitors on esterase from the mosquito *Anopheles punetipennis*. *Comp. Biochem. Physiol.*，44B：1 185－1 195.

Dauterman WC，1985. Insect metabolism：extramicrosomal. In：Kerkut GA，Gilbert LI eds. Comprehensive Insect Physiology，Biochemistry Pharmacology. New York：Pergamonpress. 12：713－730.

Dong XL，Gao XW，Zheng BZ，1998. Effect of plant allelochemicals on the glutathione S-transferase and acetylcholinesterase in *Helicoverpa armigera*. *Acta Phytophylacica Sinica*，25（1）：72－78.［**董向丽，高希武，郑炳宗**，1998. **植物次生物质对棉铃虫谷胱甘肽** S **转移酶和乙酰胆碱酯酶的影响**. **植物保护学报**，25（1）：72－78］

Hansen LG，Hodgson E，1971. Biochemical characteristics of insect microsomes：N- and O-demethylation. *Biochem. Pharmacol.*，20：1 569－1 678.

Lin J，2004. Preliminary Study on the Insecticidal Mechanism of Deoxypodophyllotoxin. MSc Dissertation，Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry.［**林进**，2004. **脱氧鬼臼毒素杀虫作用机理初步研究**. **西北农林科技大学硕士学位论文**］

Luo WC，Zhang Q，2003. The effects of *Sophora alopecuroids* alkaloids on metabolic esterases of the diamondback moth. *Acta Entomologica Sinica*，46（1）：122－125.［**罗万春，张强**，2003. **苦豆子生物碱对小菜蛾体内部分杀虫剂代谢酶活性的影响**. **昆虫学报**，46（1）：122－125］

Qiu XH，2005. Insecticide resistance：genetics，genomics and implications for pest control. *Acta Entomologica Sinica*，48（6）：960－967.［**邱星辉**，2005. **杀虫剂抗性：遗传学、基因组学及应用启示**. **昆虫学报**，48（6）：960－967］

van Asperen K，1962. A study of housefly esterase by means of a sensitive colormetric method. *J. Insect Physiol.*，8：401－406.

Wu CC，Wang M，2003. Effect of different diets on the susceptibility of insecticides and the activity of detoxifying enzymes in the beet armyworm，*Spodoptera exigua*. *Chinese Journal of Pesticide Science*，5（1）：56－60.［**吴承春，王沫**，2003. **不同食料对甜菜夜蛾药剂敏感性及解毒酶活性的影响**. **农药学学报**，5（1）：56－60］

Yu XY，Zhang X，1999. Research on the insecticidal ingredient from fruit of *Sabina vulgaris* Ant. *J. Northwest Sci-Tech Univ. Agri. For.*（*Nat. Sci. Ed.*），27（3）：11－15.［**余向阳，张兴**，1999. **砂地柏果实中杀虫活性成分研究**. **西北农林科技大学学报**，27（3）：11－15］

Zhang X，Feng JT，Chen AL，Ma ZQ，2002. A brief review on insecticidal function of Savin juniper（*Sabina vulgaris*）. *J. Northwest Sci-Tech Univ. Agri. For.*（*Nat. Sci. Ed.*），30（4）：130－134.［**张兴，冯俊涛，陈安良，马志卿**，2002. **砂地柏杀虫作用研究概况**. **西北农林科技大学学报（自然科学版）**，30（4）：130－134］

（责任编辑：黄玲巧）